

輸送費用の減少が都市群システムに及ぼす影響 のシミュレーション分析

奥村 誠¹・小林潔司²・山室良徳³

¹正会員 工博 広島大学助教授 工学部第4類 (建設系) (〒739-8527 広島市鏡山1の4の1)

²正会員 工博 京都大学教授 大学院工学研究科土木工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

³正会員 工修 中央復建コンサルタンツ (株) (〒532-0004 大阪市淀川区西宮原1の8の29)

都市間高速道路などの大規模交通施設の整備は、輸送時間や輸送費用に影響を与え、地域間の取引を促進して経済成長・発展に寄与すると同時に、国土構造の再編に重要な影響を及ぼす。本研究では都市内の住宅立地を表現する都市構造モデルと都市間取引を考慮した独占的競争モデルを組み込んだ一般均衡モデルを提案し、都市集積のメカニズムを定式化するとともに、シミュレーション分析を通じて都市間の輸送費用の減少が国土構造や都市システム構造の発展に及ぼす影響を分析する方法を提案する。

KeyWords: *general equilibrium model, city systems, increasing returns, simulation*

1. はじめに

大規模交通施設の整備は、国土構造に多大な影響を及ぼす。特に、本四連絡道のような国土の地理的な位相構造を変化させるような交通施設の整備は、都市システムの構造を根本的に変革する可能性がある。交通施設の整備が国土・地域に及ぼす影響は多様であるが、最大の直接的な効果は地域間の輸送時間の短縮や輸送費削減の効果であろう。地域間における財の輸送時間・輸送費の減少が達成されれば、産業活動の地域分業構造が変化し、都市の人口集中や地域間の賃金・地代の構造に影響を及ぼすこととなる。

交通施設の整備が地域構造や地域経済に及ぼす影響を分析するための地域経済モデルは数多く提案されている。近年では、一般均衡モデルを用いた分析方法も提案されている。しかし、これらのモデルの多くは、後述するように都市集積が出現するメカニズムを内生的に説明する構造になっていない。都市システムは、複数の都市がそれぞれ集積の経済効果を求めて発展した結果であり、交通施設が都市システムの構造に及ぼす影響を分析するためには、都市集積を内生的に説明できるような分析モデルが必要となる。

複数の都市で構成される都市システムでは、ある特定の都市(群)に人口・活動が集中しようとする集積化の力と都市間に人口・活動を分散させようとする分散化の力が作用する。代表的な分散化要因としては、都市規模の増加に伴う地価や交通費用の上昇があげられる。一方、都市集積のメカニズムを説明するためには、何らかの規模の経済性を導入する必要がある。例えば、

都市集積がもたらす外部経済性が都市規模に依存して増大し、それが都市規模の増加をもたらす場合が考えられる。都市システムの構造を内生的に説明するためには、規模の経済性を明示的に考慮したような分析モデルを開発する必要がある。

以上の問題意識に基づいて、本研究では1) 生産における集積の経済、2) 消費における集積の経済の双方を同時に考慮したような都市システムの一般均衡モデルを提案する。さらにシミュレーション分析により、財の輸送費用の減少が都市システムにおける土地市場、労働市場、サービス市場、消費財市場、および人口移動に及ぼす影響を考察する。以下、2. で本研究の基本的な考え方を、3. でモデルの定式化を示すこととする。4. で数値計算によるシミュレーションの結果を示すこととする。

2. 本研究の立場

(1) 従来の研究の概要

すでに、1950年代にTimbergenは地域間輸送費用の変化が、地域間の消費財の価格体系や需要体系を変化させることを指摘し、実質国民所得の増加を用いて輸送施設の整備効果を総合的にとらえる方法を開発した¹⁾。また、地域間取引を考慮した空間的価格均衡モデルに関しても、Takayama and Judgeの先駆的研究をはじめとして多くの研究が蓄積されてきた²⁾。

また、Arrow, Debreuらの彫琢を受けたWalrasの一般均衡体系を実証的に分析する試みが応用一般均衡

分析という方法論として確立しつつある^{3),4)}。その方法論を用いて、地域間物流モデルの精緻化がいくつか試みられている⁵⁾。また、土木計画学の分野でも空間的価格均衡モデルを一般均衡体系の枠組みの中で拡張しようとする試みがなされている。これら既存の研究は、基本的には規模に関して収穫一定の生産技術を仮定し、空間的な完全競争価格均衡を一般均衡モデルの枠組みの中で求めるという分析パラダイムに基づいている。

一方、都市経済学の分野では、伝統的な1都市モデルを越えて、都市システムに関する研究が進展している^{6),7),8)}。都市システム理論と貿易理論を融合しようとする試みもある⁹⁾。たとえば、文は輸送施設の整備による都市間分業の変化に着目し、雇用の拡大と都市人口の増加に伴う混雑現象とのトレードオフを分析している¹⁰⁾。近年では、都市の集積の効果を明示的に考慮したような都市システムモデルに関する研究が進展している¹¹⁾。その中で、規模の経済性や市場の不完全性を都市システムモデリングにおいてどのように考慮するかが課題になってきた。

Starrettは完全競争価格メカニズムのみでは、均質な立地空間において経済活動の空間集積を生み出せないことを示した¹²⁾。藤田はこのStarrettの空間不可能性定理を敷衍して、都市という空間的集積が生起するメカニズムを表現するためには、1) 非市場的な要因に基づいた技術的外部性、2) 市場競争の不完全性に起因する金銭的外部性を明示的に考慮する必要があることを指摘している¹³⁾。

既存の空間価格均衡モデルや多地域一般均衡モデルの多くは、Starrettが指摘する完全競争メカニズムを想定しており、都市システムが形成されるメカニズムを説明しえないという問題を持つ。完全競争価格モデルは交通施設整備が国土・地域構造にもたらす一次的効果を分析するためには有効であるが、大規模な交通施設の整備効果を分析するためには限界がある。この種の分析を行うためには、都市集積のメカニズムを表現しうる内生的集積モデルの開発が必要である。藤田は内生的集積モデルを技術的外部性に着目した非市場的相互作用モデル、金銭的外部性に着目した不完全競争モデルに分類している。本研究では、このような技術的外部性と金銭的外部性の双方を同時にとりあげたような一般均衡モデルを提案する。

(2) 外部経済性と都市集積

人口・活動の集積化のメカニズムを説明するためには、何らかの規模の経済性を導入する必要がある。上述の非市場的な外部経済には、個々人の相互作用により生じる知識・情報のスピルオーバー効果が含まれる。都市の人口規模が大きくなれば知識・情報の交換が容易

になり労働生産性が向上する。集計的な生産関数が都市規模に関して収穫通増の技術を有していれば、都市集積による技術的外部性(マーシャルの外部経済性)が機能する。このような知識のスピルオーバー効果は都市内・都市間の双方において生じる。小林、奥村は高速鉄道の整備による都市間の知識のスピルオーバーに着目した多都市成長モデルを開発している^{14),15)}。本研究では、交通施設整備による物資の輸送費用の減少が国土構造に及ぼす影響に分析に焦点を絞るために都市間の知識スピルオーバーの問題はとりあげないが、都市内における知識のスピルオーバーは考慮する。以下、それにより生じる技術的外部性を、「生産における集積の効果」と呼ぶ。

一方、金銭的外部性として輸送費用や都市サービスの選択メニューの多様性をもたらす外部経済があげられる。各都市では財・サービスが差別化された独占的競争市場が存在し、その中のいくつかの財・サービスが貿易不可能であると考えられる。以下では便宜的に、貿易可能なものを「財」、貿易不可能なものを「サービス」と呼ぼう。この場合、あるサービスを消費するためには、その都市に立地しなければならない。都市規模が大きくなれば市場で獲得できるサービスのメニューが増加し(選択の多様性が増加し)家計の効用は大きくなる。本研究はこのようなサービスの多様性に基づいて生じる外部経済を「消費における集積の効果」と呼ぶ。生産・消費における集積の効果は、いずれも都市の規模に依存して増大するという正のフィードバック機能を有している。

(3) 財の輸送費用の節約効果

本研究では、都市間の財の輸送費用の変化が都市システムの構造に及ぼす影響を分析する。いま、都市システムの中のある都市において、他の地域からの財の輸送費用の低下が生じたとしよう。これまでに開発されてきた一般均衡モデルでは、以下のようなメカニズムによって道路整備の影響が波及する。まず、輸送価格の低下は財の販売価格の低下をもたらす。同一の所得下での消費の可能性を拡大する。これにより都市住民の実質所得は増加し、より高い効用が実現できる。都市間に効用の差が生じると、効用の低い都市から高い都市へと人口が移動する。以上のように、まず市場の魅力の向上が買い手である住民を引きつけるという前方連関効果をもたらされる。

より多くの人口を収容するために、都市では住宅の広さが狭くなるか、通勤圏が拡大することになり、それに合わせて地価や通勤費用が増大せざるを得ない。その結果当初の実質所得の上昇が打ち消され、都市が無制限に拡大することはなく、新しい人口の配分状態に

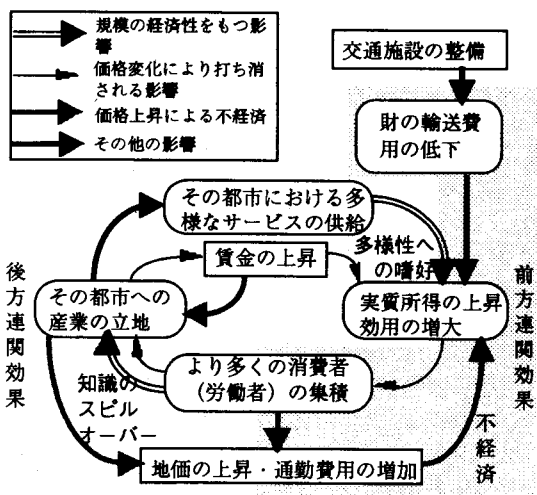


図-1 輸送費用の節約効果と影響の循環

収束する。変化前の均衡状態と比べれば、輸送費用の低下が著しかった都市の人口が増加し、輸送費用の低下が小さかった都市の人口は減少するという、単純な結果が得られる。

しかしながら、本研究で着目したような規模の経済性が作用する場合、輸送費用低下の影響メカニズムは複雑になり、循環的なメカニズムが発生する(図-1参照)。特定の都市の人口の増加は需要の増大を生む。また、都市規模の増大により、より高度な知識の利用が可能となり、Marshall的な外部効果が期待できる。この2つの効果に反応してその都市への産業の立地が進展する(後方連関効果)。その結果、その都市で供給されるサービスの多様性が増加し、それが実質所得の上昇をもたらす(前方連関効果)。所得の上昇は効用の増加を意味するから、その都市への人口増加が再び引き起こされる。このように、「生産における集積の効果」と「消費における集積の効果」の存在により、都市規模の増大が循環的に引き起こされる。

もちろん、これまでの一般均衡モデルと同じように、人口と産業立地の増加による地価の上昇と通勤費用の増加が規模の不経済性を生み出し、集中を引き起こす力に対する抵抗力となり、両者が釣り合う水準の人口配分に落ち着くことになる。集積の効果が人口規模に対して非線形的であるならば、上記の循環過程がどの程度の乗数効果を生み出すかは一定ではない。結果として、輸送費用の低下と比例して人口が増加するといった単純な結果は期待できない。

(4) 均衡解の複数性と思考実験の役割

都市集積メカニズムが非線形性を有する場合には、均衡解が複数個存在する可能性がある。複数個の均衡

解のうち、いずれの均衡解が実現するかは、初期時点での人口・活動の配置や交通施設の整備のタイミングといった歴史的な経緯に依存する¹³⁾。人口集積の規模と労働生産性・サービスの多様性に間に正のフィードバックが作用する場合、歴史的偶然によりある場所に人口・活動の集積が現れれば、それ以後は自己増殖的に都市が発展されることになる。一度、都市集積が形成されれば、それを修正することは容易ではない。都市の存在そのものが立地空間に凍結効果(lock-in effect)をもたらすことになる。

現実に都市集積が存在するのは立地空間に集積の経済が作用した結果であると考えられる。このため、都市の形成メカニズムを分析できるモデルを開発しようとすれば、複数均衡解に対する配慮が不可欠である。残念ながら、現在のところ複数均衡解の数やその定性的な性質を解析的に求めることは困難であると言わざるを得ない。当面のところ、シミュレーションによる思考実験を積み重ねて、モデルの挙動に対する知見を蓄積していくことが重要である。また、都市システムに複数個の均衡解が存在する場合、モデルを推計するためには現実のシステムがどの均衡解に該当しているかに関する先験情報が必要となる。そのためには、モデルの推計に先立ってモデルの挙動に関する徹底的な分析が必要となる。もとより現実の都市の発展メカニズムは本研究のような簡単なモデルにより説明しきれないわけではないが、シミュレーションによる思考実験の意義は、モデルの挙動を決定する本質的なパラメータの発見と都市システムの発展の基本的なメカニズムを理解することにある。

3. 都市システムモデルの定式化

(1) モデル化の前提条件

本研究で提案する一般均衡モデルは、1) 都市内均衡を新古典派的都市経済学モデルにならない記述するとともに、2) 都市システム内の財市場、労働市場の都市間均衡を一般均衡モデルとして記述したものである。

複数の都市 $k = 1, 2, \dots, K$ が高速道路により連結されている都市システムを考えよう(図-2参照)。各都市には n_k 個の製造業と m_k 個のサービス業が立地し、それぞれ都市間で交易可能な「最終消費財」と、都市間では交易不可能な「サービス」を生産している。中間財は考えない。各企業が生産する消費財・サービスは差別化されており独占的競争市場が成立している。消費財はその都市で消費されるほか他都市に輸送され、どの都市においてもすべての種類 ($n = \sum_k n_k$ 種類)の消費財が消費できる。消費財は各都市で生産者価格に輸送費用が上乗せされた価格で販売される。一方、サー

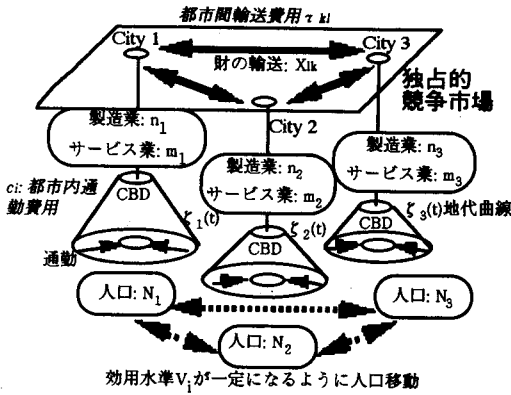


図-2 都市システムの基本構造

ビスは輸送されず、サービスを消費するためには、その都市に居住しなければならない。消費財市場や資本市場は国内で閉じており、国際貿易は考慮しない。労働力は都市間で自由に移動できるが、都市圏間通勤は禁止されている。都市システム全体における総人口は外生的に与えられているとする。

個々の都市は Alonso 型の住宅立地モデルにより記述するが、Henderson が用いた単純化のための仮定を踏襲する¹⁶⁾。すなわち、土地市場は一定規模の画地に分割され都市周辺には農業は存在しない。各都市の CBD では、消費財とサービスが生産され、販売される。財・サービスの生産には労働と固定的な土地が投入される。各都市内で立地する企業の技術は対称的であると仮定するため、価格・生産量は同一となる。都市の住民は完全雇用され、都市内の住宅地から都市内交通サービスを用いて CBD に通勤する。土地の public ownership を仮定し地代収入は都市ごとに、あるいは都市システム全体で、均等に住民に還元されると考える。家計は同質であり、貸金率は都市ごとに差別化されるが都市内の各産業を通じて一定である。

都市内の通勤交通サービスは都市ごとの交通企業が収穫一定の技術を用いて提供する。都市間の財の輸送サービスは財の消費地に立地する交通企業が生産する と考える。

本モデルでは、都市的サービスメニューの多様性に基づく「消費における集積の効果」と、知識のスピルオーバーに基づく「生産における集積の効果」という 2 種類の集積の効果を明示的にモデル化する。地価上昇、都市内通勤距離の増大という外部不経済が都市の集積の効果を卓越しない限り、都市規模が大きくなるほど都市住民の効用は増加する。企業の利潤は、価格、貸金率、地代、知識（集積の効果）により規定される。地域住民の効用は、貸金率、サービス・消費財の価格と

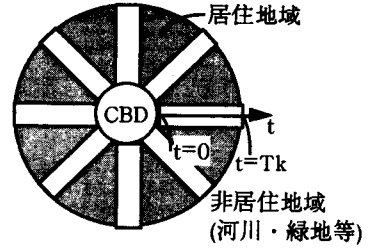


図-3 都市の内部構造

多様性、地代・通勤費用に規定される。消費財輸送費用の減少効果は、消費財価格の変化を通じて、間接的には都市間での人口移動・産業立地の変動を引き起こす。このような都市システムの変動を一般均衡モデルにより記述する。

(2) 家計の消費行動

都市の構造を図-3のように模式化しよう。都市の企業はすべて CBD に立地し、その面積は立地企業数に依存してモデルの中で内生的に決定される。CBD 内の土地はすべて同質であり、その地代は CBD 内を通じて同一水準（都市内の最高値）にあると仮定する。CBD を中心として住宅地が円心状に広がる。住宅地はすべて一定の面積 $h_k (k = 1, \dots, K)$ に区画に分割されている。住宅以外の用途（河川・緑地等）に利用される土地が放射状に存在し、CBD 外周から距離 t の円周上で住宅に利用可能な土地は周長 $2\pi t$ にわたり存在すると仮定する。また、居住地域には放射方向に等質な通勤交通サービスが提供されており、CBD 外周からの距離に比例するコストを支払うことにより通勤可能である。財とサービスの購入は CBD に通勤した際に行われ、追加的な交通費用は不要であると仮定する。

都市 $k (k = 1, \dots, K)$ の CBD 端から距離 t だけ離れた地点に居住する代表的な家計を考える。都市 $l (l = 1, \dots, K)$ の製造業が生産した財 $i (i = 1, \dots, n_l)$ の消費量を $x_{ki}(t)$ 、都市 k 内で生産されたサービス $j (j = 1, \dots, m_k)$ の消費量を $y_{kj}(t)$ 、土地面積を $h_k(t) = h_k$ とする。製造業が生産した財は都市システム内のいずれの都市においても購入できるが、サービスはその都市に立地しないと消費できないと考える。財・サービスは生産地を同じくするものごとに水平的に差別化され、独占競争市場が形成されている。家計の効用はその都市で消費できる財・サービスの量とメニューの多様性により規定されると考えよう。このような消費メニューの多様性がもたらす効用を Dixit=Stiglitz 型効用関数により表現する。都市 k の地点 t に立地する家計

の効用関数を以下のように定式化する。

$$U_k(t) = \left(\sum_{l=1}^K \sum_{i_l=1}^{n_l} x_{ki_l}(t)^\sigma \right)^{\frac{1}{\sigma}} \left(\sum_{j=1}^{m_k} y_{kj}(t)^\rho \right)^{\frac{1}{\rho}} h_k^\zeta \quad (1)$$

ここで、 a, b, c は消費のシェアに関するパラメータであり $a + b + c = 1$ である。 σ, ρ はパラメータであり、 $0 < \sigma, \rho < 1$ を仮定する。財、サービスのメニューの数 n_l, m_k は内生変数である。効用関数 (1) を用いることにより、選択機会の多様性という都市の魅力を表現することが可能となる。ここで、簡単化のため住宅地があらかじめ均等な面積に区画されており、 $h_k = 1$ と仮定しよう。この時、家計の予算制約式は

$$I_k - c_k w_k t = \sum_{l=1}^K \sum_{i_l=1}^{n_l} p_{ki_l} x_{ki_l} + \sum_{j=1}^{m_k} q_{kj} y_{kj} + \zeta_k(t) \quad (2)$$

と表せる。ただし、 I_k は都市 k における代表的家計の所得、 w_k は賃金率、 c_k は賃金単位で計測した単位距離当たりの交通費用、 q_{kj} は都市 k におけるサービス j の価格、 $\zeta_k(t)$ は地点 t の地代である。なお CBD 内での交通費用は無視できると考える。便宜上、都市 1 の賃金率をニューメレールとする。最後に、消費財 i_l の都市 k での価格 p_{ki_l} は

$$p_{ki_l} = (1 + \tau_{kl}) \hat{p}_{i_l} \quad (3)$$

と表せる。 τ_{kl} は、都市 (k, l) 間における輸送費用率であり、最終消費地での財の価格は出荷価格 (f.o.b. price) \hat{p}_{i_l} に輸送費用をマークアップした価格に設定される。

効用最大化条件より地点 t に居住する個人の消費財、サービスに対する需要関数は次式で表される。

$$x_{ki_l}(t) = \frac{a}{a+b} (I_k - c_k w_k t - \zeta_k(t)) \frac{p_{ki_l}^{-\frac{1}{\sigma}}}{\sum_{l=1}^K \sum_{i_l=1}^{n_l} p_{ki_l}^{-\frac{1}{\sigma}}} \quad (4a)$$

$$y_{kj}(t) = \frac{b}{a+b} (I_k - c_k w_k t - \zeta_k(t)) \frac{q_{kj}^{-\frac{1}{\rho}}}{\sum_{j=1}^{m_k} q_{kj}^{-\frac{1}{\rho}}} \quad (4b)$$

ここで、財・サービスはそれぞれ生産地を同じくするものごとに水平的に差別化されていると仮定する。生産技術と効用関数における対称性を考慮すれば、生産地を同じくする財・サービスの価格について、次のような対称性が成立することがわかる。

$$p_{ki_l} = p_{kl}, \quad (i_l = 1, \dots, n_l; l = 1, \dots, K) \quad (5a)$$

$$q_{kj} = q_k, \quad (j = 1, \dots, m_k) \quad (5b)$$

個人の財・サービスの消費量も生産地の同じものごとに対称的となり、

$$x_{ki_l}(t) = x_{kl}(t), \quad (i_l = 1, \dots, n_l; l = 1, \dots, K) \quad (6a)$$

$$y_{kj}(t) = y_k(t), \quad (j = 1, \dots, m_k) \quad (6b)$$

が成立する。この時、需要関数は次式で表される。

$$x_{ki}(t) = \frac{a}{a+b} (I_k - c_k w_k t - \zeta_k(t)) P_k^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} p_{ki}^{-\frac{1}{1-\sigma}} \quad (7a)$$

$$y_k(t) = \frac{b}{a+b} (I_k - c_k w_k t - \zeta_k(t)) Q_k^{\frac{\rho}{1-\rho}} q_k^{-\frac{1}{1-\rho}} \quad (7b)$$

ただし、 $P_k = (\sum_{l=1}^K n_l p_{kl}^{-\frac{\sigma}{1-\sigma}})^{-\frac{1-\sigma}{\sigma}}$ 、 $Q_k = m_k^{-\frac{1-\rho}{\rho}} q_k$ は価格指数である。式 (7a)-(7b) より、間接効用関数は次のようになる。

$$V_k(t) = A P_k^{-a} Q_k^{-b} (I_k - c_k w_k t - \zeta_k(t))^{a+b} \quad (8)$$

ただし、 $A = a^a b^b / (a+b)^{a+b}$ である。

家計は都市内のどこに居住しても効用が一定となることより、均衡条件 $\partial V_k(t) / \partial t = 0$ が成立する。式 (8) を均衡条件に代入することより、地代勾配 $\partial \zeta_k(t) / \partial t = -c_k w_k$ を得る。これを積分すると次式に示す地代曲線が得られる。

$$\zeta_k(t) = Z_k - c_k w_k t \quad (9)$$

ここで、 Z_k は都市 k の最高地代である。仮定より都市の外縁部 $t = T_k$ で $\zeta(T_k) = Z_k - c_k w_k T_k = 0$ が成立し、地代曲線は次式で表される。

$$\zeta_k(t) = c_k w_k (T_k - t) \quad (10)$$

ゆえに、式 (10) より $t = T_k$ における家計の効用水準は

$$V_k(T_k) = A P_k^{-a} Q_k^{-b} (I_k - c_k w_k T_k)^{a+b} \quad (11)$$

となる。均衡条件より家計効用は立地地点に関らず同一水準 (11) に一致する。

(3) 集計的關係

図-3に示すように CBD 外周から距離 t の円周上で住宅用地として利用可能な土地は周長 $2\pi t$ である。人口密度は 1 人当たり土地利用面積の逆数であり、区画面積が $h_k = 1$ であることより都市 k の人口規模 N_k は

$$N_k = 2\pi \int_0^{T_k} t dt = \pi T_k^2 \quad (12)$$

となる。式 (12) より CBD 端から都市の端までの距離 T_k は、人口 N_k の関数となり次式のように表される。

$$T_k = \pi^{-\frac{1}{2}} N_k^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

CBD 端 ($t = 0$) における住宅地の最高地代 Z_k は、

$$Z_k = c_k w_k \pi^{-\frac{1}{2}} N_k^{\frac{1}{2}} \quad (14)$$

となる。CBD 内の土地は同質であり、企業は最高地代 Z_k を負担して CBD に立地する。

n_k 個の製造業が 1 社当たり f 、 m_k 個のサービス業が 1 社当たり g の面積を占有すれば、CBD の面積は $n_k f + m_k g$ となる。この時、総地代収入 R_k は次式で定義される。

$$R_k = 2\pi \int_0^{T_k} t \zeta_k(t) dt + (n_k f + m_k g) Z_k$$

$$= \frac{1}{3} c_k w_k \pi^{-\frac{1}{2}} N_k^{\frac{3}{2}} + (n_k f + m_k g) c_k w_k \pi^{-\frac{1}{2}} N_k^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

都市内の総通勤費用 TC_k は次式で与えられる。

$$TC_k = 2\pi c_k w_k \int_0^{T_k} t^2 dt = \frac{2}{3} c_k w_k \pi^{-\frac{1}{2}} N_k^{\frac{3}{2}} \quad (16)$$

最後に、地点ごとに求まる需要関数を都市 k に居住する住民全体に集計すると、都市 k における個々の財・サービスごとの集計需要関数を得る。

$$X_{kl} = \frac{a}{a+b} \Xi_k P_k^{\frac{1-\sigma}{\sigma}} p_{kl}^{-\frac{1}{\sigma}} \cdot N_k \quad (17a)$$

$$Y_k = \frac{b}{a+b} \Xi_k m_k^{-1} q_k^{-1} \cdot N_k \quad (17b)$$

ただし、 Ξ_k は都市 k の家計の消費総額（地代・交通費を除く）であり、

$$\Xi_k = I_k - c_k w_k \pi^{-\frac{1}{2}} N_k^{\frac{3}{2}} \quad (18)$$

で与えられる。式 (11), (13) より都市 k に居住する家計の効用水準 V_k は次式のように表現できる。

$$V_k = A P_k^{-\alpha} Q_k^{-b} \Xi_k^{a+b} \quad (19)$$

(4) 製造業の行動

消費財の生産にあたっては集積の経済が働くと考えられる。都市 k に立地する代表的製造業 1 社の生産技術をコブ=ダグラス型生産関数で表す。

$$X_k = \lambda L_k^\alpha f^\phi N_k^\gamma \quad (20)$$

ここで、 X_k は都市 k に立地する代表的企業の 1 社当たりの生産量、 L_k は、代表的企業 1 社当たりの雇用数である。 f は敷地面積であり、外生的に決められた大きさに区分されていると考える。 $\lambda > 0, 0 < \alpha, \phi < 1$ はパラメータであり、 $\alpha + \phi = 1$ を仮定する。 N_k^γ は都市 k における集積の経済性を表し、 $\gamma > 0$ を仮定する。すなわち、生産関数 (20) は、個々の企業の技術は L_k に関して収穫逓増ではないが、都市集積の結果として規模の経済性が働くという Marshall の外部経済性を表現している。当該消費財に対する各都市における需要 (17a) を集計することにより、集計的需要関数

$$X_k = \sum_l X_{lk} = \sum_l \frac{a}{a+b} \Xi_l P_l^{\frac{1-\sigma}{\sigma}} p_{lk}^{-\frac{1}{\sigma}} \cdot N_l \quad (21)$$

を得る。式 (3) を上式に代入し、若干の式展開により逆需要関数

$$\hat{p}_k(X_k) = \Omega_k X_k^{\sigma-1} \quad (22a)$$

$$\Omega_k = \left(\sum_l \frac{a}{a+b} \Xi_l P_l^{\frac{1-\sigma}{\sigma}} (1 + \tau_{kl})^{\frac{1}{1-\sigma}} N_l \right)^{1-\sigma} \quad (22b)$$

を得る。

都市 k には対称的な企業が n_k 社立地し、すべての企業が同一の生産技術 (20) を有する。当該企業の利潤を

$$\Pi_k^g = \hat{p}_k(X_k) X_k - w_k L_k - f Z_k \quad (23)$$

と表す。ただし、 w_k :賃金率、 $\hat{p}_k(X_k)$ は生産者価格関数であり、式 (22a) で与えられる。第 3 項は地代支出である。

いま、企業が自社の行動が一般価格水準に及ぼす影響に関して近視眼的な期待 $\partial P_l / \partial X_k = 0$ をもつと仮定し、 Ω_k を定数として扱う。敷地面積 f も外生的に与えられているため、企業は雇用者数 L_k のみを制御して利潤最大化を図る。式 (20) を (23) に代入して、 L_k についての最大化条件を考えると、

$$L_k = \sigma \alpha X_k \frac{\hat{p}_k}{w_k} \quad (24)$$

を得る。式 (22a) を考慮すれば、利潤関数 Π_k^g は次式のように表される。

$$\begin{aligned} \Pi_k^g = & \frac{a\beta}{a+b} \hat{p}_k^{-\frac{\sigma}{1-\sigma}} \sum_l \Xi_l P_l^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} (1 + \tau_{kl})^{\frac{1}{1-\sigma}} N_l \\ & - f c_k w_k \pi^{-\frac{1}{2}} N_k^{\frac{3}{2}} \end{aligned} \quad (25)$$

ただし、 $\beta = 1 - \sigma \alpha$ である。

企業の利潤が正である限り新規の参入が生じ、長期には利潤がゼロとなる水準に立地企業数が決定される。いま、一般価格水準の定義より、 P_l が各都市の立地企業数 n_l の関数で表せることに着目しよう。そこで、利潤関数 Π_k^g を明示的に各都市の立地企業数 $n = (n_1, \dots, n_K)$ の関数として $\Pi_k^g(n)$ と表そう。この時、各都市における企業立地数は利潤 $\Pi_k^g(n)$ が同時に 0 に成る水準に求まる。すなわち、次式が成立する。

$$\Pi_k^g(n) = 0 \quad (k = 1, \dots, K) \quad (26)$$

均衡条件 (26) より、長期均衡における都市 k における製造業の 1 社当たりの生産量 X_k 、生産者価格 \hat{p}_k が得られる。すなわち式 (20) と (24) を (23) に代入してゼロに等置することにより、次式のように求められる。

$$X_k = \left(\frac{\alpha \sigma f c_k}{\beta} \right)^\alpha \pi^{-\frac{\sigma}{2}} N_k^{\left(\frac{\sigma}{2} + \gamma\right)} \lambda f^\phi \quad (27a)$$

$$\begin{aligned} \hat{p}_k = & \lambda^{-1} f^{-\phi} (\alpha \sigma)^{-\alpha} \pi^{-\frac{1-\sigma}{2}} \\ & \left(\frac{f c_k}{\beta} \right)^{1-\alpha} w_k N_k^{\left(\frac{1-\alpha}{2} - \gamma\right)} \end{aligned} \quad (27b)$$

(5) サービス業の企業行動

サービス業に関しては各都市内の家計のみを顧客とする独占競争市場が成立していると仮定する。都市 k におけるサービス業の代表的企業の生産技術もコブ=ダグラス生産関数を用いて表現する。

$$Y_k = \mu E_k^\epsilon N_k^\psi g^\eta \quad (28)$$

ここに、 Y_k は都市 k における代表的企業 1 社当たりの生産量、 E_k は雇用者数を表す。 $0 < \mu, 0 < \epsilon, \psi < 1, \eta > 0$ はパラメータである。また $\epsilon + \psi = 1$ を仮定する。

都市 k には同一の生産技術 (28) を有する対称的企業が m_k 社立地している。当該企業の利潤を

$$\Pi_k^* = \hat{q}_k(Y_k)Y_k - w_k E_k - gZ_k \quad (29)$$

と定義する。ただし、 $\hat{q}_k(Y_k)$ は集計的需要関数 (17b) から求まる価格関数である。

$$\hat{q}_k(Y_k) = \frac{b}{a+b} \Xi_k m_k^{-1} Y_k^{-1} \cdot N_k \quad (30)$$

サービス業にとっても敷地面積 g および集積の経済を表す項 N_k^a は外生的であると考え、利潤最大化条件により次式を得る。

$$E_k = \rho \epsilon Y_k \frac{\hat{q}_k(Y_k)}{w_k} \quad (31)$$

式 (31) を式 (29) に代入すると利潤は次式で表される。

$$\Pi_k^* = \xi \hat{q}_k(Y_k)Y_k - g c_k w_k \pi^{-\frac{1}{2}} N_k^{\frac{1}{2}} \quad (32)$$

ただし、 $\xi = 1 - \rho \epsilon$ である。逆需要関数 (30) が企業数 m_k の関数となっていることを明示的に表現するため、利潤関数 (32) を m_k の関数 $\Pi_k^*(m_k)$ として表現しよう。長期的に立地均衡においては

$$\Pi_k^*(m_k) = 0 \quad (33)$$

が成立する。長期均衡では利潤がゼロとなることより、式 (28)、(31) を式 (29) に代入し、ゼロと等置することによって次式を得る。

$$Y_k = \left(\frac{\epsilon \rho g c_k}{\xi} \right)^\epsilon \pi^{-\frac{\epsilon}{2}} N_k^{\left(\frac{\epsilon}{2} + \eta\right)} \mu g^\psi \quad (34a)$$

$$\hat{q}_k = \mu^{-1} g^{-\psi} (\epsilon \rho)^{-\epsilon} \pi^{-\frac{1-\epsilon}{2}} \left(\frac{g c_k}{\xi} \right)^{1-\epsilon} w_k N_k^{\left(\frac{1-\epsilon}{2} - \eta\right)} \quad (34b)$$

また、式 (30) より、立地企業数は次式で表される。

$$m_k = \frac{\xi}{g} (c_k w_k)^{-1} \pi^{\frac{1}{2}} \frac{b}{a+b} \Xi_k N_k^{\frac{1}{2}} \quad (35)$$

(6) 交通企業

交通企業は、労働力に対する収穫一定の技術を用いて交通サービスを提供する。交通企業は歴史的に整備されたインフラを無料で使用することができるが、運賃は利潤がゼロとなる水準に規制されているものと仮定する。また土地は使用せず、必要な労働力は CBD において雇用すると仮定する。

都市内の通勤交通サービスは、各都市ごとの交通企業により提供される。都市内の総通勤距離は式 (16) から、 $TC_k / (c_k w_k)$ で与えられる。これを労働力に対する収穫一定の技術を用いて生産する。

$$\frac{TC_k}{c_k w_k} = \frac{2}{3} \pi^{-\frac{1}{2}} N_k^{\frac{3}{2}} = \nu_k F_k \quad (36)$$

ただし F_k は交通企業の雇用者数、 ν_k は技術パラメータである。これより都市内交通企業の利潤 Π_k^* は次のようになる。

$$\Pi_k^* = TC_k - w_k F_k = (c_k \nu_k - 1) w_k F_k \quad (37)$$

ゼロ利潤規制のもとでは運賃水準は $c_k = \nu_k^{-1}$ となり、雇用者数は、

$$F_k = \frac{TC_k}{w_k} = \frac{2}{3} c_k \pi^{-\frac{1}{2}} N_k^{\frac{3}{2}} \quad (38)$$

で表される。

一方、都市間交通企業は各都市の商業機能を担当し、その都市で消費する財の搬入・販売を担当すると考える。都市 k に輸送するサービスによる収入は次式のようになる。

$$D_k = \sum_{l=1}^K n_l \tau_{kl} \hat{p}_l X_{lk} \quad (39)$$

都市間交通企業の生産関数として、労働力に対する収穫一定の次のような関数を仮定する。

$$D_k = p_k^d \delta_k G_k \quad (40)$$

ただし、 p_k^d は輸送価格の水準を表すパラメータであり、輸送サービス額 D_k が輸送サービス量 $\delta_k G_k$ に比例して設定されていることを示す。 G_k は雇用者数、 δ_k は技術パラメータである。このとき都市間交通企業の利潤 Π_k^d は次式で表現できる。

$$\Pi_k^d = D_k - w_k G_k = (p_k^d \delta_k - w_k) G_k \quad (41)$$

交通企業がゼロ利潤になるように運賃規制を受けていると仮定すれば、 $p_k^d = \delta_k^{-1} w_k$ となり、雇用者数 G_k は次式で表される。

$$G_k = \frac{D_k}{w_k} = \frac{\sum_{l=1}^K n_l \tau_{kl} \hat{p}_l X_{lk}}{w_k} \quad (42)$$

(7) 都市間均衡条件

都市システム内の財市場、労働市場に関して以下のよう均衡条件を仮定する。

地域間では財、人口が自由に移動することができる。各都市では完全雇用が達成され、労働市場が清算されるように各都市での労働賃金率が内生的に決定される。労働市場の均衡条件式を次式のように定義する。

$$N_k = n_k L_k + m_k E_k + F_k + G_k \quad (43)$$

都市内の家計がすべて同質であると仮定すると、都市 k の住民一人当たりの所得は次式のようになる。

$$I_k = w_k + \frac{R_k}{N_k} \quad (44)$$

ここに、第 1 項は賃金率、第 2 項は都市ごとの public ownership の下での地代収入を表す。また、土地の所有が都市システム全体で均等に行われるという仮定の場合、住民一人当たりの所得は、

$$I_k = w_k + \frac{\sum_k R_k}{\sum_k N_k} \quad (45)$$

で与えられる。

上記のモデルにより価格と家計消費総額が内生的に求まるので、それらを間接効用関数 (19) に代入すれば、各都市の効用水準を人口 N_k の関数として表すことがで

きる。都市間での人口移動は自由であり、長期的には各都市での効用が均衡化される。国内における労働市場の均衡条件は次式で表される。

$$\sum_{k=1}^K N_k = N \quad (46a)$$

$$V_1 = V_2 = \dots = V_k = V \quad (46b)$$

都市システム全体では閉鎖経済圏を形成しており、均衡効用水準 V はモデルの中で内生的に求まる。都市システム内での企業の利潤は、長期均衡においてすべてゼロとなる。土地の public ownership の仮定より地代収入はすべて家計に帰属する。したがって、都市間交通網の整備効果は均衡効用水準 V を用いて評価することができる。

(8) モデルのとりまとめ

本モデルにおいて、外生変数は N, c_k, τ_{ki}, f, g の $K^2 + K + 3$ 個、独立なパラメータは $\rho, a, b, \eta, \epsilon, \alpha, \gamma, \sigma, \lambda, \mu, \nu, \delta$ である。内生変数は $w_k, N_k, n_k, m_k, L_k, X_k, \hat{p}_k, Y_k, \hat{q}_k, E_k, F_k, G_k, I_k, V_k, V$ の合計 $14K + 1$ 個である。

条件式は、財・サービス市場における需給バランス式(27a),(34a)、均衡価格式(27b),(34b)、立地均衡式(26),(35)、労働需要に関する(24),(31),(38),(42)と労働需給バランス式(43)、所得配分式(44)(または(45))、効用を表す(19)とその均衡条件(46b)および(46a)の、合計 $14K + 1$ 本であり、内生変数の数に等しい。Walras 条件より内生変数の1つは他の変数と独立でないため、ここでは都市1の賃金率をニューメレールと考え、 $w_1 = 1$ と固定する。

4. 数値シミュレーション

(1) 数値計算の方法

都市間輸送費用の減少が都市の成長・発展に及ぼす影響をシミュレーション実験により分析する。都市システムにおける経済的ハブ都市の形成(人口の一極集中)過程を分析するためには、3都市以上を考慮に入れたネットワークが必要になるが、シミュレーション実験を過度に複雑にしないために本研究では3都市システムを対象とした分析結果を示す。その際、3本のリンクで連結されたネットワーク型都市システム(図-2参照)をとりあげる。

なお、シミュレーションに必要なパラメータ値を以下のように想定した。まず、総人口を1200万人に想定する。1990年の全国の平均的家計の消費実績に基づいて消費シェアを表すパラメータを $a = 0.49, b = 0.32, c = 0.19$ と設定した。本モデルでは距離の単位を1家計の平均敷地面積が1となるように規格化している。製造業、商

業1社当たりの敷地面積の全国平均を1家計の平均敷地面積単位に換算し $f = 600, g = 50$ と設定した。さらに簡単のため λ, μ は $\lambda f^\phi = 1, \mu g^\psi = 1$ となるように設定した。都市内交通費は全国の単位距離あたりの平均私鉄(通勤)運賃を用いた。その際、1家計の平均敷地面積を1にした場合の都市規模に基づいて本モデルにおける単位距離当たり運賃を算定し、さらにその値を1990年の全国平均賃金率単位に換算することにより $c_k = 0.00015$ とした。

$\alpha, \gamma, \epsilon, \eta, \sigma, \rho$ に関しては、残念ながら経験的な実測事例に乏しいのが実状である。これらのパラメータ値は他のパラメータと異なり都市システムの構造に本質的な影響を及ぼす。したがって、その計測にあたっては慎重な対応が必要であろう。利用可能な経験情報に乏しい現時点では、この種の計測問題は将来の課題とし、本研究ではこれらのパラメータの値を変化させパラメータ値とモデルの挙動の関係を分析することとした。都市間輸送費用 τ_{ki} は政策変数と考えることとした。

本モデルは以下のような手順で計算することができる。まず、内生変数 w_k, N_k, m_k, n_k の初期値を仮定する。次に、経済全体ですべての市場が同時に均衡するような内生変数 w_k, N_k, m_k, n_k の値を、Newton-Raphson 法により求める。

(2) 規模の経済性の影響

まず、基本ケースとして、都市間輸送費用はいずれも同じであり、すべての都市が同等の地理的優位性を有している場合を取り上げる。すなわち、都市間輸送費用を $\tau_{jk} = 0.04$ に設定する。本研究では1)生産における集積の経済性、2)消費における集積の経済性という2種類の集積の経済性を考慮している。生産・消費活動にどの程度の収穫逓増の効果が働くか否かによって、一般均衡解の性質が著しく異なる。そこで、a)生産・消費の集積の経済性がともに小さい場合(ケース1)、b)生産における集積の経済性が大きい場合(ケース2)、c)消費における集積の経済性が大きい場合(ケース3)をとりあげる。

a) ケース1

ケース1では、生産・消費活動における集積の経済性がともに小さい場合を想定し、 $\gamma = \eta = 0.1, \rho = \sigma = 0.8$ と設定した。生産における都市規模の外部効果を表すパラメータ γ, η に関しては種々の計測事例がある¹⁹⁾が、 $\gamma = \eta = 0.1$ は過去の計測事例の上限値に近い値をとっている。

効用関数のパラメータ σ, ρ はメニューの多さに対する弾力値を表しており、これらのパラメータの値が小さくなるほど消費における選択の多様性による効果が大きくなることを意味する。 $\sigma = 1, \rho = 1$ の場合には、

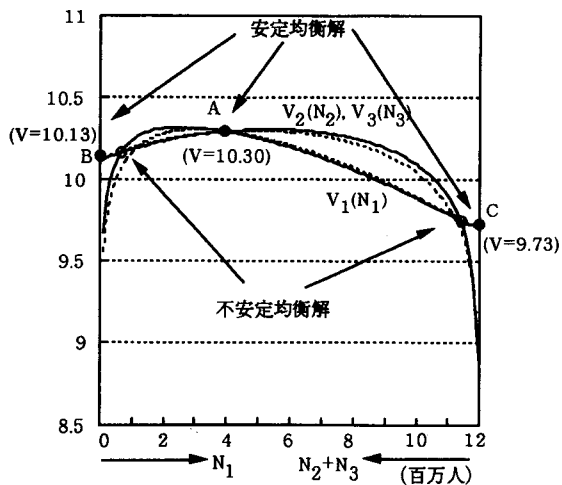


図-4 人口分布と効用水準の関係 (ケース1)

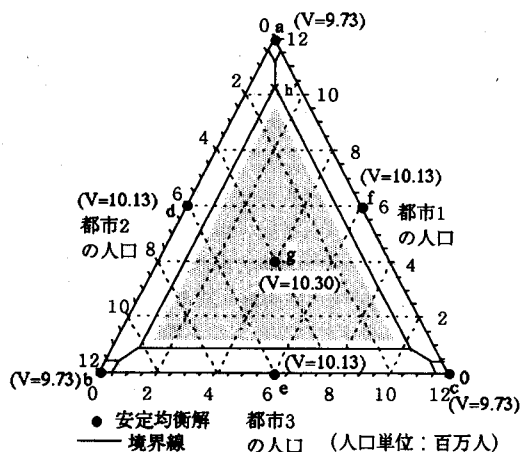


図-5 初期値と均衡解の関係 (ケース1)

財、サービスがすべて同質財となり、独占競争市場の仮定が成立しなくなる。財やサービスが差別化された独占競争市場の想定はメニューの多さによる外部経済の存在を仮定していることに他ならない。 σ, ρ の値に関しては今後の計測事例に期待したいが、ここでは多様性の影響が大きくないケースとして $\rho = \sigma = 0.8$ と想定しよう。

ケース1では、均衡解として1) すべての都市が対称になる(点A)、2) 2つの都市に人口が集中する(点B)、3) 1つの都市に人口が集中する(点C)という3つのパターンが存在する。さらに、2) 3)の場合には、いずれの都市に集中するかによって、それぞれ3通りのパターンの均衡解が存在するため、合計7個の安定均衡解が存在する。パターン2) 3)では、人口が集中する都市のみが異なる3つの対称的な均衡が

存在する。そこで、都市2と都市3が同じ人口規模になる3つの均衡解に着目して、都市1の人口規模、及び都市2、都市3の人口規模の和と各都市の効用水準の関係を図-4に示している。実線は式(44)のように都市ごとに土地が共有されている場合の、破線は式(45)のようにシステム全体で土地が共有されている場合の計算値であり、安定均衡解の位置には違いはない。

図-4に示すように3都市への均等な分散化が達成された場合(点A)に均衡効用水準が最も大きくなる。一方、単一都市に人口が集積した場合(点C)、大都市の賃金率、サービスメニュー数が大きくなるが、都市規模の増大により地代・通勤費が増大し、結果的に均衡効用水準はもっとも低くなる。

なお、各都市の効用水準は他都市の人口にも依存するが、自都市の人口の影響に比べると小さいためその影響を無視できることが多い。よってシステムの総人口が異なる場合にも、図-4の $V_2(N_2), V_3(N_3)$ 曲線を総人口の違いに合わせて水平方向にシフトさせ、 $V_1(N_1)$ 曲線との交点を調べることによって、均衡解の構成を知ることができる。本ケースの場合、総人口が700万人以上ならば、均衡解の構成は変わらない。

いずれの均衡解に到達するかは、均衡解を求める場合の初期人口分布に依存する。図-5は、初期人口分布のパターンと均衡解との関係を表している。図中の各領域に初期人口があれば、それぞれの領域内の均衡解に最終的に収束することになる。また土地が都市システム全体で共有されている場合には各領域の境界が変化する。すなわち図-5に網掛けで示したように、中央の均衡解に収束していく領域が縮小する。

b) ケース2

ケース1に比べ生産における規模の効果が増加し、パラメータ η が大きくなった場合を考える。図-6は、仮想的に $\eta = 0.15$ になった場合の一般均衡解を示している。 $\eta = 0.15$ という値は過去の計測事例よりもかなり大きな値である。本ケースでは対称的均衡は消滅し1極集中、あるいは2極集中の結果のみが現れる。このように生産における規模の効果が現れると、対称的均衡に収束する領域が小さくなり、やがて1極集中、2極集中のパターンのみが現れることになる。

c) ケース3

消費における多様性の効果が増した場合として、 ρ の値が小さくなった場合($\rho = 0.70$ の時)を考えよう。図-7に示すように、本ケースにおいても、対称的均衡が消滅し、1極集中、あるいは2極集中の結果のみが現れる。

以上の数値計算の結果より、生産・消費活動における規模の経済性が大きくなると1極集中、あるいは2極集中というパターンが現れることが理解できる。

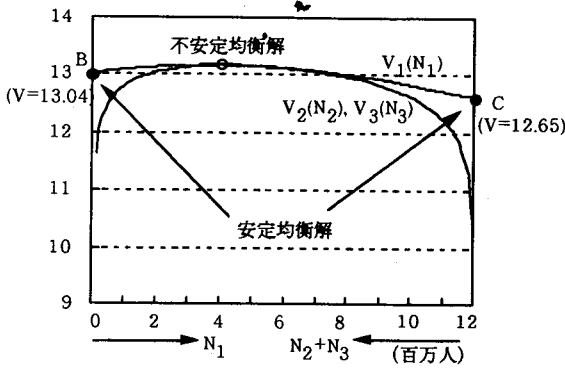


図-6 人口分布と効用水準の関係 (ケース 2 : $\eta = 0.15$)

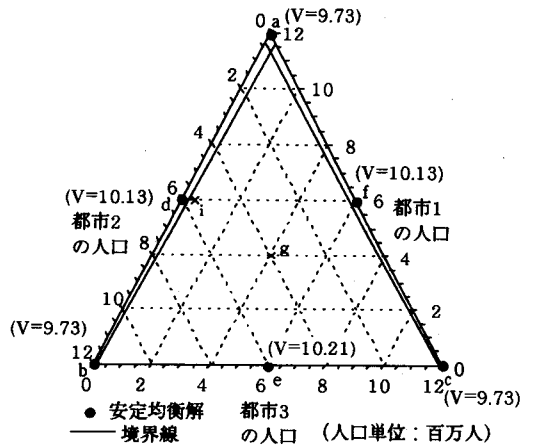


図-9 非対称的な輸送費用減少後の均衡解

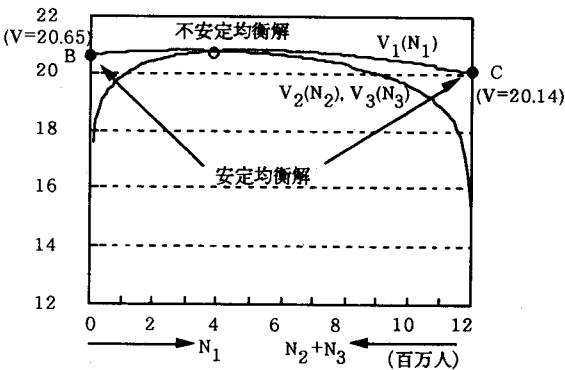


図-7 人口分布と効用水準の関係 (ケース 3 : $\rho = 0.70$)

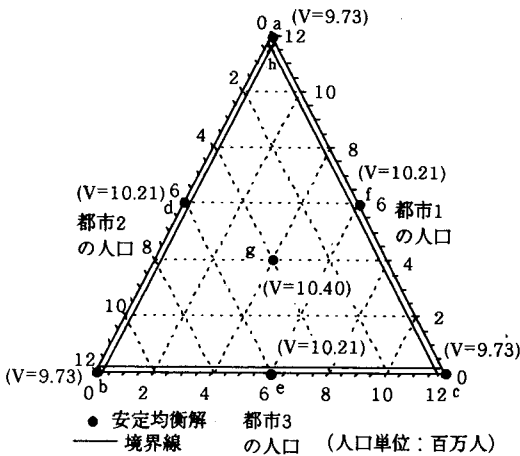


図-8 対称的な輸送費用減少後の均衡解

(3) 輸送費用減少の影響

ついで、ケース 1 のパラメータ設定のもとで、交通ネットワークが整備され、都市間輸送費用が減少する場合の影響を調べる。なお土地は式 (44) のように都市ごとに共有されているものと仮定する。

a) 対称的な輸送費用減少の影響

ケース 1 のネットワークが対称的に整備され、すべての都市間輸送費用が $\tau_{kl} = 0.02$ に低下した場合を考えよう。図-8 に示すように輸送費用の低下により、都市間輸送が発生しない 1 極集中の均衡解を除いて、いずれの均衡解においても間接効用水準は増加している。また、対称的均衡における各都市の人口の配分パターンも変化していない。いずれの均衡解も局所的に安定であり、都市システムが均衡状態にあれば交通施設の整備により別のタイプの均衡解に推移することはない。

しかし、輸送費用の減少により均衡解を分岐させる領域は変化する。すなわち、対称的均衡に収束する領域は大きくなる。都市システムが点 a のような 1 極集中にある場合、対称的な均衡解 (点 g) に移動させるためには、図-8 の均衡解 a から都市 2 と都市 3 で地域開発などを行い、点 h の規模相当の政策的な人口配置を行えばよい。ケース 1 では図-5 の点 h' の規模の地域開発が必要であったことと比較すると、交通網整備により地域開発の規模が小さくて済むことがわかる。

b) 非対称な輸送費用減少の影響

次に、交通施設の整備が段階的に行われると仮定する。まず、都市 2 と都市 3 の間の輸送費用のみが変化して、 $\tau_{23} = \tau_{32} = 0.02$ となる場合をとりあげよう。この場合、対称的均衡に収束する領域は消滅し、1 極集中、2 極集中の均衡解のみが現れる。図-9 は、本ケースのような整備を行った場合の初期人口分布と安定均衡解との関係を示したものである。基本ケースの対称的均衡 (点 g) はもはや均衡解ではなく、交通施設整備後には点 e に推移し都市 1 は衰退し消滅する結果となる。このように規模の経済効果が働く状況の下では、交通施設の整備パターンによっては対称的均衡解が消滅する可能性がある。他の 1 極、2 極集中の均衡解 (点 a

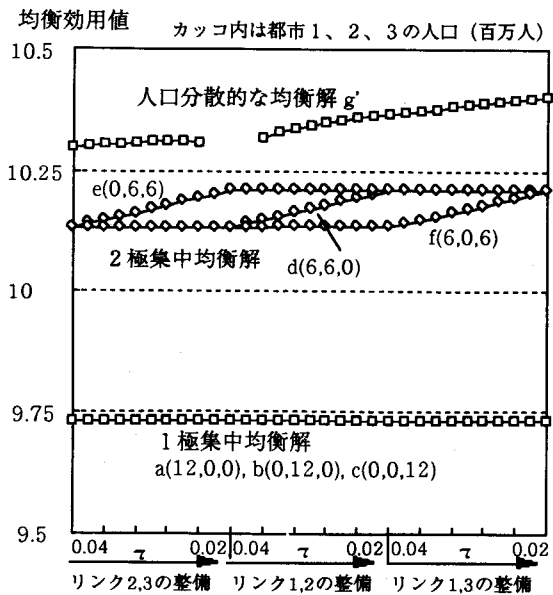


図-10 段階的整備による均衡効用水準の変化

から点 f) は局所的に安定であるが、点 e に収束する領域が非常に大きい。従って、図-9 の点 d は都市 3 の人口が 0 である均衡解であるが、均衡解に攪乱 (都市 3 での地域開発が行われるなど) が生じ、人口配置が点 i に移行したとしよう。その後は都市 3 の自律的成長と都市 1 の衰退が生じ、やがて均衡解 e に収束していく。

c) 段階的な交通網整備の影響

b) に示した都市 2 と都市 3 を結ぶリンクの整備に引き続いて、都市 1 と都市 2 を結ぶリンクを整備し、最後に都市 3 と都市 1 を結ぶリンクの整備を行うと仮定する。この時の各均衡解の均衡効用水準の推移を図-10 に示す。1 極集中あるいは 2 極集中の均衡解では人口が 0 となり財の生産が行われない都市が出現するため、これらの都市を結ぶリンクを整備しても輸送は行われず、結果として効用水準は一定のままである。

特定のリンクの整備を進めると対称的均衡解 (点 g) の対称性は崩れ、整備されたリンクにつながる都市の規模が相対的に増大する。この場合でも、すべての都市に人口が存在する分散的な均衡解 (点 g' と呼ぼう) の効用水準は、他の均衡解の値よりも大きい。b) に示したように、輸送費用の対称性を大きく崩すような整備を行った場合、この点 g' が均衡解でなくなり、均衡効用水準が低い点 e の状況に移動してしまうことがある。以後のリンクの整備により分散的な均衡解 (点 g') が再び存在するようになるが、一旦点 e に移動した解がより望ましい解 (点 g') に自動的に戻ることはない。

以上のことから、交通施設の整備を行う場合には最

終的な均衡解の構成を考慮することは重要であるが、それだけでは望ましい均衡解を実現できるとは限らない。整備途中の均衡解の構成を踏まえて、望ましい均衡解が消失することのないように、整備の順序を計画する必要がある。

以上の分析結果は、仮想的な数値を用いた実験により得られたものであり、これより一般的な結論を導くことは不可能である。しかし、これまでの多くの実証分析の結果より、消費・生産活動における規模の効果が存在することが報告されており、現実の都市システムが収獲増のメカニズムの中で成長を遂げてきたことは十分に推察されよう。以上のシミュレーションの結果は、歴史的偶然により、単一 (あるいは少数) の人口集中都市が一度形成されてしまえば、交通施設の整備を通じて都市集中を制御することは非常に困難であることを示唆している。また、交通施設の整備順位等が都市システムの発展経路に大きな影響を与え、整備順位によっては異なった均衡解に収束する可能性がある。

都市間交通ネットワークが整備されれば、人口が分散した均衡解に収束する可能性はより大きくなるが、交通施設整備だけで都市集中を是正できるわけではなく、人口の政策的な再配置をめざした地域政策が不可欠となる。以上のシミュレーションの結果得られた知見が現実性を持つか否かに関しては、今後多くの理論的・実証的研究によりその検討を積み重ねていく必要があると考える。

5. おわりに

本研究では、都市間輸送費用の減少が都市システムの人口・産業構造や賃金・地代の構造に及ぼす影響について分析するための一般均衡モデルを提案した。ここで提案した一般均衡モデルは、都市集積による規模の経済性を明示的に考慮しているという点に特徴がある。このような規模の経済性が存在する時、一般均衡解の複数性、その歴史的依存性という現象が生じることを明らかにした。

また、本研究でとりあげたシミュレーション結果は、都市システムに規模の経済性が働く場合、交通施設の整備により人口分散的な均衡解に収束する可能性は大きくなるが、交通施設整備のみで既存の大都市への集中を制御することは困難であり、既存の大都市からの政策的な人口再配置政策が不可欠であることを示唆している。

本論文では限られたケースについての数値計算を行ったに過ぎないが、より多くのケースのもとで数値計算を行うことにより、より一般性のある結論を得ることが可能であると考えている。しかしながら、具体的な

交通施設の整備効果の分析に結びつけていくためには、次のような課題も残されている。

第1に、本モデルは一時点において均衡が実現すると仮定した静的な均衡モデルの枠組みに立脚しており、立地や都市成長の時間的な変化を分析することができない。国土計画上の課題を考察する上では、地域ごとの資源の偏在や成長のスピードを扱う必要があるものも少なくない。本モデルを拡張し、資本の蓄積過程を内生化することが望まれる。第2に、本モデルは交通施設整備は外生的に実施され、無料で使用できると考えている。整備案の評価のためには、モデルの動学化とともに、整備主体や財源のあり方を考慮したモデル化が必要となろう。第3に、本モデルでは、交通施設整備の影響を財の輸送費用の節約として捉えている。しかし、例えば高速道路は物流のみならず、自家用車に多く利用されており、余暇・レジャー活動のあり方を大きく変えている。輸送費用以外の影響を取り込んでいくことも重要な課題である。第4に、パラメータ値を現実性のあるものとするための実証的分析が必要である。

国土構造に影響を与えるような広域的な交通施設の整備においては、都市システムの挙動の本質を見極めた上で、有効な政策を的確な時期に実施することが望まれる。都市システムに関する研究は緒についたばかりであるが、今後精力的に理論的・実証的研究を積み重ねていく必要がある。

参考文献

- 1) Timbergen, J. : The Appraisal of Road Construction, Two Calculation Schemes, *The Review of Economics and Statistics*, 39-3, 1957.
- 2) Takayama, T. and Judge, G. G. : *Spatial and Temporal Price and Allocation Models*, North-Holland, 1971.
- 3) Shoven, J. B. and Whalley, J. : A general equilibrium calculation of the effects of differential taxation on income from capital in the U.S., *Journal of Public Economics*, Vol 1, pp. 281-322, 1972.
- 4) Shoven, J. B. and Whalley, J. : *Applying General Equilibrium*, Cambridge Univ. Press, 1992, 小平裕訳, 応用一般均衡分析-理論と実際-, 東洋経済新報社, 1993.
- 5) たとえば, 宮城俊彦・本部賢一 : 応用一般均衡分析を基礎にした地域間交易モデルに関する研究, 土木学会論文集, 530, IV-30:31-40, 1996.
- 6) Henderson, J. V. : The sizes and types of cities, *American Economic Review*, 64: 640-656, 1974.
- 7) Fujita, M. : Monopolistic competition and urban systems, *European Economic Review*, 37: 308-315, 1993.
- 8) Krugman, P. : On the number and location of cities, *European Economic Review*, 37: 293-298, 1993.
- 9) Krugman, P. : *Geography and Trade*, The MIT Press, 1991.
- 10) 文世一 : 交通ネットワークと都市規模分布, 応用地域科学研究会第9回発表会, 1995.
- 11) たとえば, 上田孝行, 松葉保孝 : 都市群システムにおける構造の安定性と変化に関するモデル分析, 土木学会論文集, 542, IV-32:33-44, 1996.
- 12) Starrett, D. : Market allocations of location choice in a model with free mobility, *Journal of Economic Theory*, Vol. 17, pp. 21-37, 1978.
- 13) 藤田昌久 : 空間経済システムの自己組織化と発展について, 大山道広, 西村和雄, 吉川洋編, 現代経済学の潮流 1996, 東洋経済新報社, pp. 89-114, 1996.
- 14) 小林深司, 奥村誠 : 高速交通体系が都市システムの発展に及ぼす影響に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No. 13, pp. 57-66, 1996.
- 15) Kobayashi, K. and Okumura, M. : The growth of city systems with high-speed railway systems, *The Annals of Regional Science*, vol. 31, pp. 1-18, 1997.
- 16) Henderson, J. V. : *Economic Theory and The Cities*, Academic Press, 1985, 折下功訳, 経済理論と都市, 勁草出版センター, 1987.
- 17) McKibbin, W. J. and Sachs, J. D. : *Global Linkages: Macroeconomic Interdependence and Cooperation in the World Economy*, Brookings Institution, 1991.
- 18) 伴金美 : マクロ計量モデル分析, 有斐閣, 1991.
- 19) Henderson, J. V. : *Urban Development, Theory, Fact and Illusion*, Oxford University Press, 1988.

(1997. 5. 6 受付)

SIMULATION OF THE IMPACTS OF TRANSPORTATION COST REDUCTION UPON SYSTEM OF CITIES

Makoto OKUMURA, Kiyoshi KOBAYASHI and Yoshinori YAMAMURO

Inter-urban transportation facilities, influencing the inter-city transportation time and cost, stimulate the regional division of labor force and population. In this paper, we intend to build a general equilibrium model which includes the endogenous city structure model with reference to intra-city location mechanism and the monopoly competition model with reference to inter-city trade mechanism, in order to analyze the effect of transportation cost reduction upon the structure of city systems.